ABANICO VETERINARIO 2 (3) SEPTIEMBRE 2012 ISSN 2007-4204

FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ AMARILLO (*ZEA MAÍZ L.)* CON DIFERENTE CONCENTRACIÓN DE SOLUCIÓN NUTRITIVA

GREEN HIDROPONIC FORAGE OF YELLOW CORN (*Zea maiz l*) WITH DIFFERENT LEVELS OF NUTRIENT SOLUTION

Morales Rodríguez Héctor J[1], [II]Gómez-Danés Alejandro A[2], Juárez López Porfirio[3], Loya Olguín Lenin[2], Ley de Coss Alejandro[4].

[1]Estudiante de la Maestría en Ciencias Biológico Agropecuarias en Ciencias Zootécnicas y Veterinarias, Universidad Autónoma de Nayarit. [2]Cuerpo Académico Biotecnología y Producción Animal, Universidad Autónoma de Nayarit. [3]Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit. [4]Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Chiapas.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue caracterizar el forraje verde hidropónico de maíz, con diferentes niveles de solución nutritiva en tres tiempos de cosecha. Se sembró en charolas de plástico un kg de maíz amarillo, con diferentes niveles de nutrientes en el riego 0, 25, 50, 75 y 100 % en tres tiempos de cosecha 8, 10 y 12 días. Se midieron tres variables**:** peso de la biomasa de un kg de maíz, altura de la planta y longitud de la raíz. Los datos fueron analizados por medio de PROC MIXED ($P < 0.05$). La conversión de 1 kg de maíz a biomasa en base húmeda y la altura de la planta el día 12 de cosecha fue el mejor, la solución nutritiva 75 % obtuvo 5.27 ± 0.06 comparado con los días 8 y 10. Los datos para la longitud de la raíz en los días de cosecha 10 y 12 fueron similares con una solución del 75% y un longitud de 23.03 ± 4.74 y diferentes al de 8 días. Por lo que se concluye que los parámetros productivos del forraje verde hidropónico de maíz de la marca Dekalb variedad 20-20 son mejores cuando se cultiva a un 75% de la solución nutritiva con una edad de cosecha de 12 días.

Palabras clave: Germinado, nutrientes, rendimiento.

ABSTRACT

The aim of this study was to characterize the hydroponic forage maize with different levels of nutrient solution in three harvest times. A kilogram of yellow corn was seeded in plastic trays at different levels of nutrients with 0, 25, 50, 75 and 100% of irrigation in three harvest times 8, 10 and 12 days. Three variables were measured: 1 kg biomass

[II] Alejandro Ángel Gómez Danés, Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera de cuota Chapalilla-Compostela KM 3.5, Compostela, Nayarit, México. C.P. 63700 alangoda@gmail.com

Recibido: 12/05/2012. Aceptado: 28/08/2012.

weight of a corn plant, height and root length. Data were analyzed using PROC MIXED (P <0.05). The conversion of 1 kg of corn wet biomass based and plant height on day 12 of harvest was the best, the nutrient solution 75% scored 5.27 ± 0.06 compared with days 8 and 10. The data for the length of the root crop on days 10 and 12 were similar with a solution of 75% and a length of 23.03 ± 4.74 and different from day 8. It is concluded that the production parameters of hydroponic forage corn DeKalb, variety 20-20, are the best when it is grown with 75% of the nutrient solution of 12 days of harvest.

Keywords: Germinated, nutrients, yield.

INTRODUCCIÓN

A pesar de que los grandes productores mundiales como: Nueva Zelanda, Australia, Reino Unido, Francia, Uruguay y Canadá, entre otros; han experimentado grandes bajas en sus inventarios ovinos; debido a diversas causas, como las intensas sequías, el bajo precio de la lana, enfermedades y la suspensión de subsidios (Acero, 2010).

En México durante la última década, la carne de cordero es la que ha tenido el mejor comportamiento comercial, debido al aumento de su consumo; aún cuando se sigue teniendo un déficit en el abasto de carne de más de 20,000 ton. de carne de cordero. Esta condición ha favorecido el interés sobre la cría de borregos en el campo mexicano y el inventario ha experimentado una ligera alza llegando a 7,082,770 ovinos (Arteaga, 2010).

Nayarit no es la excepción y actualmente cuenta con un inventario de más de 22,000 vientres (CEFPPENAY, 2010). Al igual que muchos Estados de la República Mexicana, se está enfrentando a situaciones como la escasez del terreno necesario en la producción de alimento para los animales, épocas de estiaje críticas y a otras contingencias ambientales ocasionadas por el cambio climático; factores que están provocado la carencia o baja disponibilidad de agua, y que junto al elevado costo de perforación de pozos, dificultan la gran necesidad de disponer de un aporte de forraje de calidad, en cantidades necesarias para mantener un rebaño, obligando a los productores a buscar alternativas de alimentación. Además de que se debe considerar el ahorro del agua, buscar mejores rendimientos por metro cuadrado ocupado, calidad nutricional, flexibilidad en la transferencia de tecnología y mínimos impactos negativos sobre el medio ambiente (Ojeda, 2010).

El Forraje Verde Hidropónico (FVH) ofrece una serie de ventajas, como la producción forrajera durante todo el año, utilización de pequeñas áreas, aporte de alimento de buena calidad nutricional y una recuperación de la inversión rápida (Herrera *et al*., 2007; Müller *et al*. 2005$_{a,\ b}$; FAO, 2001). Una de las plantas más utilizadas para este fin ha

sido el maíz (*Zea mays* L.), debido a su disponibilidad, valor nutricional y los rendimientos altos; generando elevados y constantes volúmenes de FVH (Elizondo y Boschini, 2002), y con más bajo costo y en cantidades atractivas de carbohidratos, proteínas, minerales y vitaminas (Espinosa, 2005).

Antecedentes de uso de Forraje Verde Hidropónico.

La primera información escrita data del año 1600, cuando el Belga Jan Van Helmont, documentó acerca de cómo las plantas obtienen sustancias nutritivas a partir del agua. En 1699, el inglés, John Woodward cultivó plantas utilizando diversos sustratos y encontró que el crecimiento de las plantas era el resultado de ciertas sustancias en el agua. Los primeros en perfeccionar las soluciones nutritivas para el cultivo sin suelo fueron los botánicos alemanes Julius von Sachs y Wilhelm Knop en 1860. En 1928, el profesor William Frederick Gericke de la Universidad de Berkeley en California, sugirió sobre la posibilidad de producción vegetal sin el uso de suelo, y en 1940 escribió el libro, “Guía Completa del Cultivo sin Suelo”.

Por otro lado Dennis R. Hoagland y Daniel I. Arnon, desarrollaron varias fórmulas para soluciones de nutritivas (Asociación Hidropónica Mexicana A. C. 2012). Los primeros trabajos sobre el uso del FVH en animales fueron hechos en 1939 por I. Leitch (Sneath and Mcintosh, 2003), reportando estudios en vacas lecheras, ganado, cerdos y pollos.

Actualmente la hidroponía es practicada en todo el mundo y es parte de la agricultura protegida; según datos en México, se cuenta con 15 300 ha. de invernaderos. El 50% de la producción total de cultivos se encuentra en los estados de, Sinaloa (22%), Baja California (14%), Baja California Sur (12%) y Jalisco (10%), (Juárez *et al*., 2011). Se puede producir en cualquier época del año, con requerimientos mínimos de humedad, temperatura y luz (Arellano, 2009). Con esto es posible obtener un mayor porcentaje de proteína bruta y energía altamente digestible, en comparación con la agricultura tradicional.

Importancia de la producción de FVH.

Frente a los grandes problemas que enfrenta la agricultura tradicional, como: la escasez de agua, disponibilidad de nuevas tierras cultivables, el cambio climático, suelos erosionados y encontrar índices cada vez mayores de contaminación; hacen de la producción de alimentos por medio de la hidroponía y los cultivos sin suelo, parte de la agricultura protegida. Estos se convierten en una opción viable para hacer frente a las necesidades cada vez más grandes de productos agrícolas, tanto para la alimentación de la población, como la de los animales; debido a que los cultivos protegidos son menos vulnerables a los cambios de clima, permitiendo producir cosechas fuera de temporada (Juárez, *et al*., 2011), con ahorros considerables por el uso a menor escala de fertilizantes y agroquímicos.

La importancia de la hidroponía radica que es un sistema de producción agrícola, vinculando aspectos económicos, ecológicos y sociales; por ser una herramienta útil en los lugares donde es difícil la producción de alimentos (Oliveira *et al*., 2008).

Las ventajas del Forraje Verde Hidropónico, son las siguientes: una producción programada de acuerdo a las necesidades, es de alta digestibilidad, se puede producir en cualquier clima y época con invernaderos, bajo costo de producción comparado con el cultivo normal, producción en espacios reducidos, alta palatabilidad, reduce mano de obra para su manejo, bajo en contaminantes y alto contenido proteico.

El tiempo que se requiere para obtener un alimento adecuado, va de siete a quince días, tiempo muy corto en relación al cultivo tradicional como es el caso del maíz; el cual requiere de 142 días en promedio (Elizondo y Boschini, 2002). El FVH puede producirse utilizando una amplia variedad de unidades hidropónicas, en donde se colocan hasta seis charolas, una sobre la otra; dejando un espacio de al menos 30 cm. a lo largo del año. El mismo espacio puede producir seis veces más, de acuerdo al número de pisos; y de 30 a 36.5 veces de acuerdo al tiempo de producción. En 100 m^2 bien pueden producirse hasta 500 Kg. de FVH diariamente.

El objetivo de la presente investigación es caracterizar el forraje verde hidropónico de maíz, con diferentes niveles de solución nutritiva y tres días de cosecha.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el “Rancho los Limones”, ubicado en las coordenadas geográficas 21° 03’ 48.11’’ de latitud norte y 104º 31’ 34.76’’ longitud oeste, y una altitud de 999 m. de acuerdo con García (1988); el clima es cálido subhúmedo, templado la mayor parte del año y caluroso de marzo a agosto; con la presencia de lluvias durante los meses de julio a septiembre; con una precipitación media anual de 854.4 mm. La temperatura media de 23.2° C, registrándose una máxima de 36° C y la mínima de 0° C.

El módulo de producción de Forraje Verde Hidropónico es de plástico color blanco lechoso, con techo tipo túnel y paredes rectas. Sus dimensiones son: 4 m. de altura, 9 m. de ancho y de 18 m. de largo. Se cuenta con 10 anaqueles de metal, con 4 niveles con una longitud de 7.5 m. y con capacidad de alojar 1120 charolas; los pasillos son de 80 cm. El sistema de riego fue manual. Los contenedores son charolas de plástico rígido de color negro, cuyas dimensiones son 53.5 cm. de largo, por 33 cm. de ancho y 4.5 cm. de altura; con lo que se obtiene una área de siembra de 174 cm^2 por charola. Dentro del invernadero se registraron temperaturas de 10° hasta 37.5º C y una humedad relativa de 20 hasta 93 %.

Se depositó un kilogramo de semilla de maíz a cada charola. La conversión de maíz en biomasa de germinado se medió mediante el pesaje del contenido de cada charola al final del periodo de cosecha correspondiente. Una vez que las muestras llegan al Laboratorio de Nutrición Animal de la Unidad Académica de Agronomía de la UAN, se colocaron en una estufa con aire forzado a 55º C, hasta obtener un peso constante, posteriormente se molieron en un molino de Willey. El análisis bromatológico se determinó de acuerdo con la metodología de la AOAC (1990).

La semilla que se empleó fue un F_2 de maíz amarillo (*Zea mays* L.) de la marca Dekalb® hibrido DK 2020 disponible en esta región. El proceso de producción de FVH se realizó de acuerdo Valdivia (1997).

Se utilizó la solución nutritiva propuesta por Lara (1999) para 100 litros de agua, como se presenta en el Cuadro No. 1. En el presente experimento se usaron cinco tratamientos (T1= 0 %, T2= 25 %, T3= 50 %, T4= 75 %, T5= 100 %) con tres repeticiones, con diferente concentración de la solución nutritiva mencionada (Cuadro No. 1). Cada tratamiento con tres tiempos de cosecha (ocho, diez y doce días), los cuales recibieron el ferti-riego cinco veces al día (Herrera-Torres *et al*., 2010), desde el día cuatro hasta el penúltimo día. El día tres y el último solo recibieron agua.

TABLA 1. CONCENTRACIÓN, FÓRMULA Y ELEMENTOS QUÍMICOS DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA PARA RIEGO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ.

FORMULA Y ELEMENTOS QUÍMICOS	CONCENTRACIÓN G
Nitrato de Calcio ($Ca(NO_3)_2$)	116.3
Nitrato de potasio (KNO_3)	30.3
Sulfato de magnesio ($MgSO_4$)	98.4
Sulfato de Potasio (K_2SO_4)	52.2
Fosfato Monopotásico (KH_2PO_4)	13.6
Fierro (Fe)	0.187
Zinc (Zn)	0.015
Manganeso (Mn)	0.092
Boro (B)	0.017
Cobre (Cu)	0.0075
Molibdeno (Mo)	0.005

Ultra Sol. Micro Rexebe Mix®, Juárez *et al*., 2011

La conversión de maíz en biomasa de germinado se estimó por diferencia del peso total del Forraje Verde Hidropónico, menos el kilogramo de semilla que se depositó a cada charola. La altura de la planta (a partir de la semilla) y longitud de la raíz se medió el día de cosecha (cm.), con una regla graduada en seis zonas representativas.

Las variables a medir son: conversión de maíz en biomasa de germinado en base húmeda, altura de la planta y longitud de la raíz. Los datos fueron analizados por medio de PROC MIXED (SAS, 1999), de acuerdo a un diseño completamente al azar, con mediciones repetidas cuyos factores fueron la concentración de los nutrientes y los 3 muestreos; la planta se tomó como efecto aleatorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio se reportan en la Tabla 2. La conversión de 1 kg. de maíz a biomasa en base húmeda y la altura de la planta el día 12 de cosecha fue el mejor comparado con los días 8 y 10 (P < 0.05). Los datos para la longitud de la raíz en los días de cosecha 10 y 12 fueron similares y diferentes al de 8 días (P < 0.05). La concentración de la solución nutritiva fue la de 75 y 100 % mejor que las de 50, 25 y 0 % (P < 0.05).

TABLA 2. CONCENTRACIONES DE SOLUCIÓN NUTRITIVA A DIFERENTES DÍAS DE COSECHA EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ AMARILLO.

DÍAS DE COSECHA	SOL. NUTRITIVA %	ALTURA CM	LONGITUD RADICULAR CM	CONVERSIÓN DE 1 KG DE MAÍZ A BIOMASA BH KG
8	0	13.33	13.33	4.18_c
	25	15.83	15.83	4.41_c
	50	15.50	16.83	4.35_c
	75	16.16	15.50	4.35_c
	100	15.83	16.35	4.56_c
10	0	16.60	14.06	4.43_b
	25	18.25	15.73	4.40_b
	50	23.70^c	19.60	4.70_b
	75	28.60^b	19.70	4.86_b
	100	28.40^b	22.20^c	4.93_b
12	0	18.66^d	14.16	4.78_a
	25	22.83^c	17.63	5.06_a
	50	26.50^b	20.20^c	5.16_a
	75	28.66^a	24.56^b	5.23_a
	100	32.33^a	27.56^a	5.20_a

Literales diferentes dentro de columnas son significativas (P<0.05)

Los resultados nos permiten observar lo siguiente con respecto a las variables que fueron medidas como son la conversión de biomasa y raíz según López, 2007; Vargas, 2008 encuentra igual rendimiento y longitud de la raíz con una densidad de siembra de

dos Kg/m^2 por sol uno kg/m^2, por charola con respecto a esta investigación respectivamente; así como otros investigadores obtuvieron menores resultados a esta investigación por la densidad, como podemos observar en la Tabla 3 (Cuesta, 2009; Flores, 2004; Müller, 2005; Morales *et al*., 2002).

TABLA 3. PRODUCCIÓN DE FVH DE MAÍZ DE ACUERDO A VARIOS AUTORES.

Autores	DS	ALTURA	RAÍZ	REND	COS
	Kg/m^2	Cm	Cm	1:kg BH	DÍAS
Cuesta, 2009.	3.4	21.5	12.3		
Flores, 2004.	1.5	25			12
López, 2007	2.0		15	9.32	
Müller, 2005.	2	26.5			10
Simão, 2009.	3	26.5			15
Vargas, 2008	3	27		8.03	
Morales *et al*., 2002	1 kg	28.6 ± 1.01	23.03 ± 4.74a	5.27 ± 0.06	10

DS = Densidad de Siembra, Kg/m^2 = Kilogramo por metro cuadrado, Cm = Centímetros; REND = Rendimiento; COS = Cosecha; BH = Base Húmeda.

CONCLUSIÓN

Con datos registrados se concluye que los parámetros productivos del Forraje Verde Hidropónico de maíz de la marca Dekalb variedad 2020, son mejores cuando se cultiva a un 75% de la solución nutritiva con una edad de cosecha de 12 días.

LITERATURA CITADA

ACERO CM. 2010. Rentabilidad de la ovinocultura en México. 10º Curso Bases de la cría ovina. Guadalajara, México.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis of the Assoc. of Off. Analytical Chemists. 15th ed. Wash., D.C. U.S.A

ARELLANO MR. 2009. Proceso de producción de forraje verde hidropónico. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Nayarit, México. 30 p.

ARTEAGA J. 2010. La ovinocultura Mexicana ante las nuevas Condiciones del Entorno Mundial. 1er Congreso Internacional del Borrego. 12, 13 y 14 de Abril, Zacatecas, México.

CEFPPENAY, 2010. Comité Estatal de Fomento a la Producción Pecuaria de Nayarit. Padrón e inventario ovino.

CUESTA BT, Machado PR. 2009. Producción y evaluación de la calidad nutricional del forraje verde hidropónico (FVH) a base de maíz *(Zea mays)* como alternativa para la alimentación de pollos de engorde en la Estación Ambiental Tutunendo, Chocó, Colombia. *Bioetnia.* 2009; *6* (2): 127-34

ELIZONDO J, Boschini C. 2002. Producción de Forraje con maíz criollo y maíz hibrido. Agronomía Mesoamericana, año/vol. 13, numero 00. Pp. 13-17.

ESPINOSA RM. 2005. Proyecto de inversión para la producción de forraje verde hidropónico en Santa Maria Chachoapan Nochixtlan, Oaxaca. Tesis de licenciatura. Huajuapan de Leon, Oaxaca.

FAO, 2001. Manual Técnico, Forraje Verde Hidropónico. Santiago de Chile.

FLORES Z, Urdaneta G, Montes J. 2004. Densidad de siembra de maíz, (*zea mays*) para producción de forraje verde hidropónico. XII congreso venezolano de producción e industria animal.

GARCÍA E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köepen. Universidad Nacional Autónoma de México. México 217 p.

HERRERA Angulo A, De Pablos Alviárez LA, Maduro RL, Benezra Sucre MA, Ríos de A. 2007. Degradabilidad y digestibilidad de la materia seca del forraje hidropónico de maíz (zea mays). Respuesta animal en términos de consumo y ganancia de peso. Revista científica, FCV-LUZ / vol. xvii, nº 4, 372 – 379.

HERRERA-TORRES E, Cerrillo-Soto M, Juárez-Reyes A, Murillo-Ortiz M, Ríos-Rincón F, Reyes-Estrada O, Bernal-Barragán H. 2010. Efecto del tiempo de cosecha sobre el valor proteico y energético del forraje verde hidropónico de trigo. Interciencia apr. 2010, vol. 35 nº 4.

JUÁREZ LP, Bugarín MR, Castro BR, Sánchez-Monteón A, Cruz-Crespo E, Juárez RCR, Alejo SG, Balois M R. 2011. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. Revista Fuente Año 3 No. 8 Julio - Septiembre 2011.

LARA HA. 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Terra Latinoamericana, julio-septiembre, año/vol. 17, numero 003. pp.221-229.

LÓPEZ BDL, Ruales OJF. 2007. Evaluación de edad de cosecha y niveles de forraje verde hidropónico de cebada, maíz y trigo en el crecimiento de conejos de carne (Oryctolagus Cuniculus) raza Neozelandes. Tesis, Ibarra-Ecuador.

MORALES J. 2002. Densidades de siembra y contenido nutrimental del forraje verde hidropónico y su efecto en la ganancia de peso en ganado ovino. Tesis Profesional. Chapingo, México.

MÜLLER L, Souza do Santos O, Manfron P A, Haut V, Binotto FE, Petter-Medeiros S, Dourado ND. 2005[a]. Production and qualities bromatologic of grass in hidroponic system Revista da FZVA. Uruguaiana, v.12, n.1, p. 88-97.

MÜLLER L, Manfron PA, Santos OS, Sandro LP. Medeiros Valdecir H, Durval Dourado N, Evandro Binotto F, Bandeira AH. 2005[b]. Growth and bromatologic composition of hydroponic corn fodder in differents dates of harvest and sowing densities. Zootecnia Tropical 23(2):105-119.

OJEDA BW. 2010. Proyecciones y Repercusiones del Cambio Climático en la Agricultura de México, Expo-Agro Sinaloa 2010 5 de febrero de 2010. http://www.conpapa.org.mx/portal/pdf/EVENTO/Modulo%201%20Cambio%20Climatico/WaldoOjeda%20VulnerabilidadCongresoPapa2010.pdf. (revisado 6 de enero del 2012).

OLIVEIRA de MG, Kardec JA, Ventura JEF, Simonal FP, Falcao KS. 2008. Produção de canteiros hidropônicos de suporte forrageiro para alimentação de pequenos ruminantes na agricultura familiar. www.eventosufrpe.com.br/.../cd/.../R1196-1.pdf. (Revisado 04 de marzo 2012).

SAS Institute. 1998. User's guide: statistics, version 6 editions. SAS Institute, Inc., Cary, N. C.

SIMÃO, L. C., S. B. Canaretto U. T. de Lima V. S. Borges, 2009. Milho Hidroponico. ETEC Dr. Luiz César Couto – Quatá. Governo de Sao Paulo.

SNEATH R, Mcintosh F. 2003. Review of hydroponic fodder production for beef cattle. Meat Livestock Australia. Queensland Government Departament of primary Industries.

VALDIVIA BE. 1997. Producción de Forraje Verde Hidropónico. Conferencia Internacional de Hidroponía Comercial. Memorias. Universidad Nacional Agraria 72 La Molina. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Lima Perú pp. 91-99.

VARGAS MAH. 2008. Evaluación productivo-ambiental de dos genotipos de maíz (*zea mayz* L.) en forraje verde hidropónico bajo invernadero. Tesis de Maestría. Victoria de Durango, Durango.